

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT**

Patent Number: JP5211347  
Publication date: 1993-08-20  
Inventor(s): KOTAKI MASAHIRO; others: 03  
Applicant(s): TOYODA GOSEI CO LTD; others: 01  
Requested Patent: ☐ JP5211347  
Application Number: JP19920218595 19920723  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L33/00  
EC Classification:  
Equivalents: JP2658009B2

**Abstract**

**PURPOSE:** To change a light emission pattern at the blue luminous region of a GaN compound semiconductor light-emitting diode close to a surface light emission from a point light emission and to improve the luminous intensity of the diode.

**CONSTITUTION:** An electrode 80 to a high-carrier concentration n<+> layer 3 and an electrode 70 to a high-impurity concentration iH layer 52 are provided. The electrodes 70 and 80 are respectively constituted of first Ni layers 71 and 81 of a thickness of 100Angstrom, second Ni layers 72 and 82 of a thickness of 1000Angstrom, Al layers 73 and 83 of a thickness of 1500Angstrom, Ti layers 74 and 84 of a thickness of 1000Angstrom and third Ni layers 75 and 85 of a thickness of 2500Angstrom. As the Ni layers are formed into a double structure, relaxation layers can be respectively formed between the Ni layers and the Ni layers can be prevented from being peeled. As a result of joining GaN with the Ni layers, the threshold voltage at the time of light emission of a GaN compound semiconductor light-emitting diode is reduced and at the same time, the luminous luminance of the diode is improved. Moreover, a light emission pattern at the blue luminous region of the diode can be brought close to a surface light emission from a point light emission and the luminous intensity of the whole diode is improved.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開 号

特開平5-211347

(43)公開日 平成5年(1993)8月20日

(51)Int.Cl.<sup>3</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

C 8934-4M

E 8934-4M

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-218595

(22)出願日 平成4年(1992)7月23日

(31)優先権主張番号 特願平3-207617

(32)優先日 平3(1991)7月23日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(71)出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(72)発明者 小滝 正宏

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(74)代理人 弁理士 藤谷 修

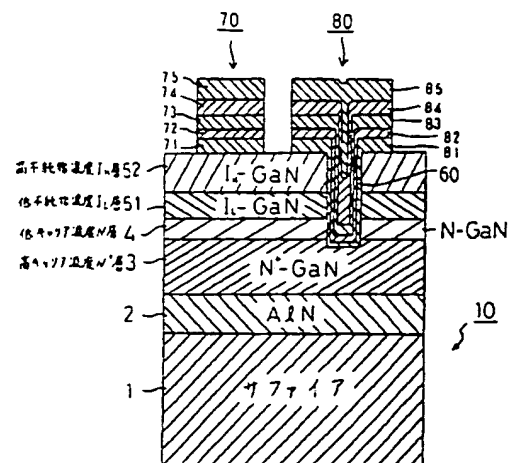
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57)【要約】

【目的】 GaN系の化合物半導体の発光ダイオードの青色の発光領域における発光パターンを点発光から面発光に近づけてその発光強度を向上させること。

【構成】 高キャリア濃度 $n^+$ 層3に対する電極80と、高不純物濃度 $i$ 層52に対する電極70とを有する。電極70、80は、厚さ100Åの第1のNi層71、厚さ1000Åの第2のNi層72、82、厚さ1500ÅのAl層73、83、厚さ1000ÅのTi層74、84、厚さ2500Åの第3のNi層75、85とで構成。Ni層が2重構造であるのでNi層間に緩衝層ができ、Niの剥離を防止できる。Ni層でGaNと接合させた結果、発光時のしきい値電圧を低下させると共に発光輝度が向上した。又、発光パターンを点発光から面発光に近づけることができ、全体の発光強度が向上した。



R006786

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $X=0$ を含む) から成る n層と、 p型不純物を添加した i 型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $X=0$ を含む) から成る i 層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、少なくとも前記 i 層に対する電極であって前記 i 層に接合する層を Ni としたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、前記 n 層に対する電極であって前記 n 層に接合する層を Ni としたことを特徴とする。

【請求項3】 請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、前記電極を前記 i 層との接合面から順に、厚さの薄い第1の Ni 層、第1の Ni 層よりは厚さの厚い第2の Ni 層、Al 層、Ti 層、厚さの厚い第3の Ni 層の多層構造としたことを特徴とする。

【請求項4】 n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $X=0$ を含む) から成る n層と、 p型不純物を添加した i 型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $X=0$ を含む) から成る i 層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、同一面側に前記 n 層の電極と前記 i 層の電極とを有し、前記 n 層の電極は Al 又は Al を含む合金から成り、前記 i 層の電極は Ni, Ag, Ti 又はそれらを含む合金から成ることを特徴とする半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、青色発光の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来技術】 従来、青色の発光ダイオードとして GaN 系の化合物半導体を用いたものが知られている。その GaN 系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とすること等から注目されている。このような GaN 系の化合物半導体を用いた発光ダイオードは、サファイヤ基板上に直接又は窒化アルミニウムから成るバッファ層を介在させて、n導電型の GaN 系の化合物半導体から成る n層を成長させ、その n層の上に p型不純物を添加して i 型の GaN 系の化合物半導体から成る i 層を成長させた構造をとっている (特開昭62-119196号公報、特開昭63-188977号公報)。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ここで、上述の発光ダイオードの発光強度を向上させるには、その発光領域が i 層の電極の直下及びその近傍に位置していることから、i 層の電極の電極面積をなるべく大きくすれば良いことが知られている。又、上述のように、GaN 系の化合物半導体を用いた発光ダイオードの結晶成長に関して

2

は数多くの研究報告がなされているが、その発光ダイオード製作に関するプロセス技術に関してはあまり報告されていないのが現状である。特に、MIS (Metal Insulator Semiconductor) 構造の発光ダイオードにおける i 層の電極の層構造については、特公昭57-46669号公報にて開示された程度であり、発光に係わる i 層の電極の役割については全く論じられていないのが現状である。図8は、上記公報における i 層の電極の層構造を示す縦断面図である。発光ダイオード60の i 層の電極67は i 層上に直接、又、n層の電極68は i 層の一部に設けられた孔内を利用してそれぞれ Al を蒸着した後、それら Al から成る下地金属上に Ni をそれぞれ蒸着して形成されている。ところが、上述のような i 層上に直接、Al 電極を形成した場合の発光ダイオードの発光領域における発光パターンは、図5(a)に示すように、粗い点であり、均一な面発光とはならなかった。従って、発光ダイオードは発光面積を大きく形成したにも拘わらず発光強度があまり向上しないという問題があった。

【0004】 本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、GaN 系の化合物半導体の発光ダイオードの青色の発光領域における発光パターンを点発光から面発光に近づけてその発光強度を向上させることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するための発明の構成は、n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $X=0$ を含む) から成る n層と、 p型不純物を添加した i 型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $X=0$ を含む) から成る i 層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、少なくとも i 層に対する電極であって i 層に接合する層を Ni としたことを特徴とする。

【0006】 又、他の発明は、i 層及び n 層に対する電極であって、それぞれの電極の i 層及び n 層に接合する層を共に Ni としたことを特徴とする。

【0007】 又、他の発明は、少なくとも i 層に対する電極を、i 層との接合面から順に、厚さの薄い第1の Ni 層、第1の Ni 層よりは厚さの厚い第2の Ni 層、Al 層、Ti 層、厚さの厚い第3の Ni 層の多層構造としたことを特徴とする。

【0008】 又、他の発明は、n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $X=0$ を含む) から成る n層と、 p型不純物を添加した i 型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $X=0$ を含む) から成る i 層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、同一面側に n 層の電極と i 層の電極とを有し、n 層の電極は Al 又は Al を含む合金から成り、i 層の電極は Ni, Ag, Ti 又はそれらを含む合金から成ることである。

3

[0009]

【作用及び効果】上記のように、少なくともi層に対する電極におけるi層との接合層をNiで構成したことから、発光領域における発光パターンを点発光から面発光に近づけることができ発光光度が向上した。又、駆動電圧が減少し熱的劣化の度合が緩和され信頼性が増加した。

【0010】又、n層に対する電極をNiとしても発光時のしきい値電圧の増加はわずかであり、i層に対する電極と同一構成としても問題はなかった。又、発光光度の低下も見られなかった。n層とi層の電極を共にNiとすることで、発光ダイオードの製造が簡略化される。

【0011】又、電極を、第1のNi層、第1のNi層よりは厚さの厚い第2のNi層、Al層、Ti層、厚さの厚い第3のNi層の多層構造とすることで、次の効果が得られた。第1に薄いNi層をi層に直接接合した後、厚い第2のNi層を形成しているため、第1のNi層と第2のNi層との間に熱的緩和層が形成され、その後のハンダ形成及びリフロー時における熱膨張、熱収縮によるNiの剥離を防止することができた。第2に第2のNi層の上にAl層とTi層と第3のNi層とを形成したので、ハンダ接続が可能になった。

【0012】又、同一面側にn層の電極とi層の電極とを有し、上記n層の電極はAl又はAlを含む合金から成り、上記i層の電極はNi、Ag、Ti又はそれらを含む合金から成る下地金属上に更に、Al又はAlを含む合金が形成されて成る。これにより、発光ダイオードの青色の発光領域における発光パターンを点発光から面発光に近づけることができた。

[0013]

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1は本発明に係る発光ダイオード10を示した縦断面図である。発光ダイオード10は、サファイヤ基板1を有しており、そのサファイヤ基板1に500ÅのAlNのパッファ層2が形成されている。そのパッファ層2の上には、順に、膜厚2.2μmのGa<sub>0.5</sub>Nから成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3と膜厚1.5μmのGa<sub>0.5</sub>Nから成る低キャリア濃度n層4が形成されており、更に、低キャリア濃度n層4の上に膜厚0.1μmのGa<sub>0.5</sub>Nから成るi層5が形成されている。そして、i層5に接続するアルミニウムで形成された電極7と高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に接続するアルミニウムで形成された電極8とが形成されている。

【0014】次に、この構造の発光ダイオード10の製造工程について、図2、図3及び図4を参照して説明する。用いられたガスは、NH<sub>3</sub>とキャリアガスH<sub>2</sub>とトリメチルガリウム(Ga(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) (以下、TMGと記す)とトリメチルアルミニウム(Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) (以下、TMAと記す)とシラン(SiH<sub>4</sub>)とジエチル亜鉛(以下、DEZと記す)である。

4

【0015】先ず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とする単結晶のサファイヤ基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH<sub>2</sub>を流速2 l/分で反応室に流しながら温度1100℃でサファイヤ基板1を気相エッチングした。次に、温度を400℃まで低下させて、H<sub>2</sub>を20 l/分、NH<sub>3</sub>を10 l/分、TMAを1.3×10<sup>-5</sup>モル/分で供給して500Åの厚さのAlNから成るパッファ層2を形成した。

【0016】次に、サファイヤ基板1の温度を1150℃に保持し、H<sub>2</sub>を20 l/分、NH<sub>3</sub>を10 l/分、TMGを1.7×10<sup>-4</sup>モル/分、H<sub>2</sub>で0.86ppmまで希釈したシラン(SiH<sub>4</sub>)を200ml/分の割合で30分間供給し、膜厚2.2μm、キャリア濃度1.5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>のGa<sub>0.5</sub>Nから成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3を形成した。続いて、サファイヤ基板1の温度を1150℃に保持し、H<sub>2</sub>を20 l/分、NH<sub>3</sub>を10 l/分、TMGを1.7×10<sup>-4</sup>モル/分の割合で20分間供給し、膜厚1.5μm、キャリア濃度1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>のGa<sub>0.5</sub>Nから成る低キャリア濃度n層4を形成した。

【0017】次に、サファイヤ基板1を900℃にして、H<sub>2</sub>を20 l/分、NH<sub>3</sub>を10 l/分、TMGを1.7×10<sup>-4</sup>モル/分、DEZを1.5×10<sup>-4</sup>モル/分の割合で1分間供給して、膜厚0.1μmのGa<sub>0.5</sub>Nから成るi層5を形成した。このようにして、図2(a)に示すような多層構造が得られた。

【0018】次に、図2(b)に示すように、i層5の上に、スパッタリングによりSiO<sub>2</sub>層11を2000Åの厚さに形成した。次に、そのSiO<sub>2</sub>層11上にフォトレジスト12を塗布して、フォトリソグラフィにより、そのフォトレジスト12を高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に対する電極形成部位のフォトレジストを除去したパターンに形成した。次に、図2(c)に示すように、フォトレジスト12によって覆われていないSiO<sub>2</sub>層11をフッ酸系エッチング液で除去した。

【0019】次に、図3(d)に示すように、フォトレジスト12及びSiO<sub>2</sub>層11によって覆われていない部位のi層5とその下の低キャリア濃度n層4と高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3の上面一部を、真空度0.04Torr、高周波電力0.44W/cm<sup>2</sup>、BCl<sub>3</sub>ガスを10ml/分の割合で供給しドライエッチングした後、Arでドライエッチングした。次に、図3(e)に示すように、i層5上に残っているSiO<sub>2</sub>層11をフッ酸で除去した。次に、図3(f)に示すように、真空度8×10<sup>-7</sup>Torr、試料温度225℃に保持し、試料の上全面に、蒸着によりNi層13を3000Åの厚さに形成した。そして、そのNi層13の上にフォトレジスト14を塗布して、フォトリソグラフィにより、そのフォトレジスト14がi層5に対する電極部が残るように、所定形状にパターン形成した。

【0020】次に、図4(g)に示すように、フォトレジ

5

スト14をマスクとして下層のNi層13の露出部を硝酸系エッチング液でエッチングし、フォトレジスト14をアセトンで除去し、i層5の電極部となる部分だけにNi層13を残して形成した。次に、図4(h)に示すように、真空度 $8 \times 10^{-7}$ Torr、試料温度225℃に保持し、試料の上全面に、蒸着によりAl層15を3000Åの厚さに形成した。次に、図4(i)に示すように、Al層15の上にフォトレジスト16を塗布して、フォトリソグラフィにより、そのフォトレジスト16が高キャリア濃度 $n^+$ 層3及びi層5に対する電極部が残るように、所定形状にパターン形成した。

【0021】上述の製造工程の後、フォトレジスト16によって覆われていないAl層15の露出部を硝酸系エッチング液でエッチングし、フォトレジスト16をアセトンで除去し、高キャリア濃度 $n^+$ 層3の電極8、i層5の電極7を形成した。このようにして、図1に示すMIS構造の窒化ガリウム系発光素子を製造することができる。尚、i層5上に形成する下地金属13の金属材料としては、上述のNiの他、Ag又はTi、もしくはそれらの合金などから成る金属物質を選択しても良い。又、高キャリア濃度 $n^+$ 層3の電極8及びi層5の上層の電極7の金属材料としては、Alの他、Tiなどのオーミック接続が可能な金属物質であれば良い。

【0022】このようにして製造された発光ダイオード10の両電極間に10mAの電流を流し、その発光強度を測定した。ここで、i層5上に直接Al層を形成した従来の発光ダイオードの場合においては、光度30mcdの発光強度であった。この従来の発光ダイオードの発光強度及び駆動電圧を1とすると、本発明の発光ダイオードでi層の電極の下地金属を上述のNiにて形成したもので、図5(b)に発光パターンを示すように、発光点が最も増加し面発光に近い状態となり発光強度が1.5倍、駆動電圧が0.82倍となった。又、下地金属がAgのものである、図5(c)に発光パターンを示すように、発光点はかなり増加し発光強度が1.4倍、駆動電圧が0.90倍となり、下地金属がTiのものでは、図5(d)にその発光パターンを示すように、発光点がやや増加し発光強度が1.05倍、駆動電圧が0.95倍となった。即ち、本発明の発光ダイオードは、従来の発光ダイオードに比べて発光強度を増加させることができる共に駆動電圧を低下させることができる。

【0023】次に他の実施例について説明する。本実施例では、図6に示すように、上記の実施例と同様に、サファイア基板1上にAlNから成るバッファ層2、Ga

6

との2重層構造となっている。

【0024】そして、上記実施例と同様に高不純物濃度 $i_n$ 層52、低不純物濃度 $i_L$ 層51、低キャリア濃度 $n$ 層4を貫通し高キャリア濃度 $n^+$ 層3に到る穴60を形成した。その後、この穴60に高キャリア濃度 $n^+$ 層3に対する電極80と、高不純物濃度 $i_n$ 層52に対する電極70とを形成した。

【0025】電極70、80は、厚さ100Åの第1のNi層71、厚さ1000Åの第2のNi層72、82、厚さ1500ÅのAl層73、83、厚さ1000ÅのTi層74、84、厚さ2500Åの第3のNi層75、85とで構成されている。

【0026】第1のNi層71、81は、温度225℃で真空蒸着により形成される。その後、一旦、真空蒸着装置を開放して、ウェハを常温、常圧下に置き、再度、真空にして加熱して、第2のNi層72、82を厚く真空蒸着する。次に、Al層73、83、Ti層74、84、第3のNi層75、85が、順次、真空蒸着により形成された。Al層73、83、Ti層74、84を介在させることにより、第3のNi層75、85の上にハンダバンプを形成することが可能となる。

【0027】以上のように形成した発光ダイオードの発光時のしきい値電圧は、電極をアルミニウムで形成した場合に比べて、0.8倍に低下した。又、電流10mA印加時の発光輝度は、150ncdであり、電極をアルミニウムで形成した場合の発光輝度100ncdに比べて、1.5倍に向上した。

【0028】尚、上記の実施例において、高キャリア濃度 $n^+$ 層3に対する電極80はアルミニウムによる単層とし、高不純物濃度 $i_n$ 層52に対する電極70のみを上記のようにNiを用いた多重層構造にしても、同様な効果が得られることが確認された。

【0029】次に他の実施例について説明する。図7に示すように、上記実施例における第1のNi層81、第2のNi層82に代えて、単層のNi層710、810で構成しても良い。この場合のNi層710、810の厚さは300Åである。このように構成しても、上記実施例と同様な効果が得られた。又、このNi層710、810の厚さは50Å以上3000Å以下が望ましい。50Å以下となると、ハンダバンプの形成時にNiがハンダに浸食されるので望ましくない。又、3000Åを越えると、発光パターンが電極の周辺部に局在し、中央部での発光が得られないし、ハンダ浴に入れる時、Niが剥離するので望ましくない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な一実施例に係る発光ダイオードを示した構成図である。

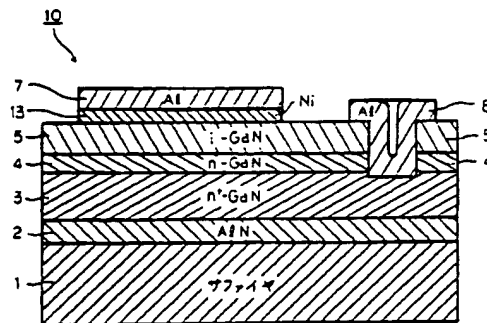
【図2】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した縦断面図である。

【図3】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示

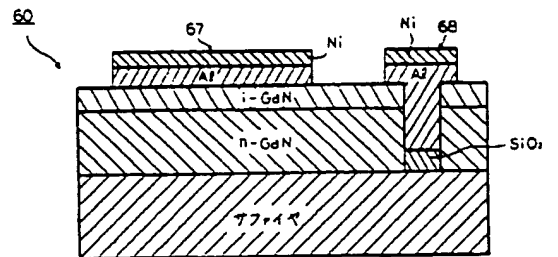
7  
した図2に続く縦断面図である。  
【図4】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した図3に続く縦断面図である。  
【図5】i層の電極の下地金属毎の発光パターンである金属表面の組織を示した顕微鏡写真である。  
【図6】他の実施例にかかる発光ダイオードを示した構成図である。  
【図7】他の実施例にかかる発光ダイオードを示した構成図である。  
【図8】従来の発光ダイオードを示した構成図である。  
【符号の説明】  
1…サファイヤ基板  
2…バッファ層

8  
3…高キャリア濃度n<sup>+</sup>層  
4…低キャリア濃度n層  
5…i層  
10…発光ダイオード  
51…低不純物濃度i<sub>L</sub>層51  
52…高不純物濃度i<sub>H</sub>層52  
7, 8, 70, 80…電極  
71, 81…第1のNi層  
72, 82…第2のNi層  
73, 83…Al層  
74, 84…Ti層  
75, 85…第3のNi層  
710, 810…Ni層

【図1】



【図8】

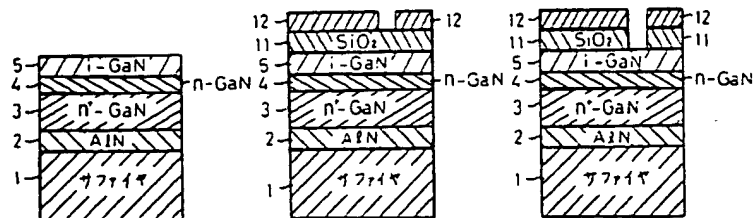


【図2】

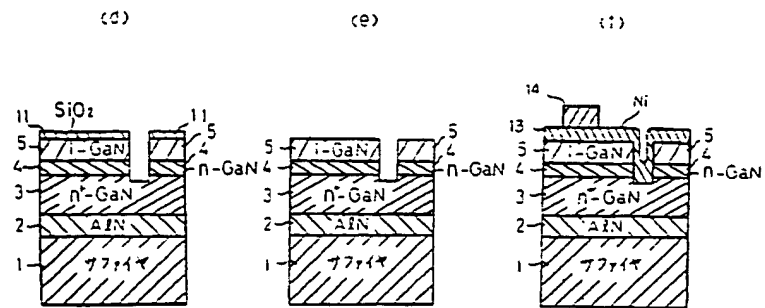
(a)

(b)

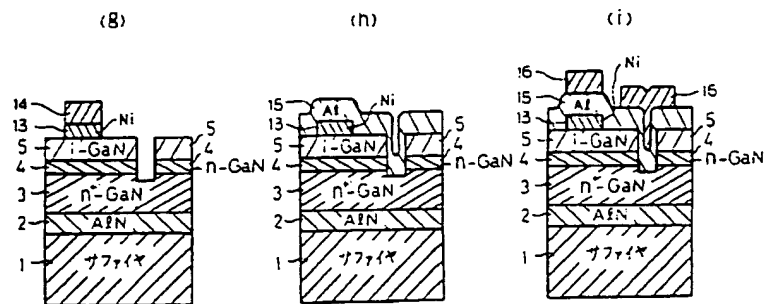
(c)



{図3}



{図4}



{図5}

